Die Haftintensität des Zinkoxyposphatzementes in Abhängigkeit von der Goldoberfläche und dem Anrührverhältnis zwischen Pulver und Flüssigkeit bei verschiedener Anrührplattentemperatur

Albert Curt Schmöger

2

1962

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546810_0051

AUS DER KONSERVIERENDEN ABTEILUNG
Vorstand: Prof. Dr. Dr. M. Schug-Kösters
DER KLINIK FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERKRANKHEITEN
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Prof. Dr. Dr. J. Heiß

Die Haftintensität des Zinkoxyposphatzementes in Abhängigkeit von der Goldoberfläche und dem Anrührverhältnis zwischen Pulver und Flüssigkeit bei verschiedener Anrührplattentemperatur

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Albert Curt Schmöger
aus München

München 1962

A. Schubert, München 5, Cornelliusstr. 21 · Telefon 221777

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. M. SCHUG-KÖSTERS
Dekan: Prof. Dr. A. HERRMANN

Tag der mündlichen Prüfung: 16. 10. 1962

MEINEN ELTERN
IN DANKBARKEIT GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

I. Einleitung

II. Problemstellung

III. Literatur

IV. Versuchsanordnung
a) Apparatur
b) Material

V. Versuchsvoraussetzungen

VI. Versuchsbeschreibung

VII. Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

VIII. Diskussion

IX. Zusammenfassung

X. Literaturverzeichnis

XI. Lebenslauf

I. EINLEITUNG

Unter Zementen versteht man im allgemeinen Stoffe in Pulverform, die mit Wasser oder einer wässrigen Lösung angerührt plastisch werden und nach einer bestimmten Zeit erhärten. Zu denjenigen, die mit einer wässrigen Lösung zubereitet werden, gehören die Zahnzemente.

Einer ihrer Vertreter ist das Phosphatzement. Dessen Vorläufer waren die Zinkoxychloridzemente, die aus dem Sorelkitt entwickelt wurden und in Deutschland als Suersensches Zement oder "Pariser Zahnkittmasse" in Erscheinung traten. Die Flüssigkeit dieser Zinkoxychloridzemente bestand aus Zinkchlorid.

Das erste Zement, das anstatt der Zinkchloridlösung Phosphorsäure enthielt, wurde von ROSTAING DI ROSTAGNO im Jahre 1877 unter dem Namen "Dentinagene" in den Handel gebracht.

Die genaue Zusammensetzung der heutigen Phosphatzemente wird von den Dentalfirmen meistens geheim gehalten. In dem von SKINNER (41) herausgegebenen Buch "Dental Materials" werden nach einer Veröffentlichung der "American Dental Association Research Comission" 16 Zinkphosphatzementpulver und die dazugehörigen Flüssigkeiten, wie sie auf dem amerikanischen Dentalmarkt erscheinen, in ihrer Zusammensetzung genannt.

Dabei lassen sich beim Pulver drei Gruppen unterscheiden; die erste setzt sich, ausgenommen die Färbemittel, aus reinem Zinkoxyd, die zweite aus Zinkoxyd-Magnesiumoxyd zusammen und die dritte wurde durch Zugabe von Siliciumdioxyd (SIO_2) und Bismuth-Trioxyd (BIO_3), geändert. Bei der Flüssigkeit wurde hauptsächlich Orthophosphorsäure H_3PO_4 genannt. Ausserdem wird etwas Aluminium und Zink beigegeben, um die Heftigkeit der chemischen Reaktion zu vermindern. Wahrscheinlich werden auch die auf dem deutschen Dentalmarkt in Erscheinung tretenden Phosphatzemente mit diesen Zusammensetzungen übereinstimmen.

Die Phosphatzemente werden schnell- und normalhärtend hergestellt und als Befestigungsmittel für Kronen, Facetten, Inlays und als Unterfüllmaterial verwendet.

II. PROBLEMSTELLUNG

Mir wurde zur Aufgabe gestellt, die Haftintensität des Zinkoxyphosphatzementes an verschiedenen Goldprofilen zu prüfen und in einer weiteren Versuchsreihe festzustellen, ob die Haftintensität durch Änderung des Anrührverhältnisses zwischen Pulver und Flüssigkeit, mit Hilfe verschiedener Anrührplattentemperatur, erhöht werden kann.

III. LITERATUR

Schon von zahlreichen Autoren wurden Beiträge über die Adhäsion, bzw. die Haftintensität und über das beste Anrührverhältnis zwischen Pulver und Flüssigkeit veröffentlicht.

Während viele Autoren von einer "Adhäsion" sprechen, bringen andere wiederum nur den Begriff der "Haftintensität".

Die Physiker führen meistens nur den Begriff der "Adhäsion". So schreibt LECHNER (32a) in seinem Lehrbuch für Physik: "Unter Adhäsion versteht man die analoge Anziehung der Teilchen ungleichartiger Körper in molekularer Entfernung." In einem physikalischen und medizinischen Wörterbuch steht über die Adhäsion: "Sie ist der Widerstand, den zwei sich berührende Gegenstände ihrer Trennung entgegensetzen." Auch GRIMSEHL (14) führt in seinem Lehrbuch die Adhäsion auf Molekularkräfte zurück, die nur bei grösster Annäherung der einzelnen Moleküle aneinander in Kraft treten.

In einer englischen Schrift bezeichnet auch der Zahnmediziner SWARTZ (45) die Adhäsion als eine "anziehende Kraft, die ungleiche Moleküle zusammenzulagern versucht" und SCHÖNBECK (48) sagt dazu, dass die Adhäsion durch das Anhaften heterogener Stoffe zustande kommt.

Zahlreiche Autoren unternahmen auch Versuche über die Adhäsion und so berichtet bereits im Jahre 1905 MORGENSTERN (34) von Untersuchungen an Phosphatzementen. Er prüfte die Adhäsion mit Hilfe von Elfenbeinstäbchen von 2 cm Länge und 4 1/2 mm Breite, die in der Mitte ihrer Länge durchbohrt waren, um die Anhängevorrichtung anzubringen. Die Endflächen wurden mit einem Querhiebbohrer angerauht und vertieft. Dann wurden die zwei Stäbchenenden zusammengedrückt und nach 24 Stunden auf Adhäsion geprüft.

Er konnte feststellen, dass die Glätte der Wand die Ursache für zu geringe Adhäsion sei und er unternahm deshalb die Versuche mit den obengenannten Glasröhrchen, deren Wand er mit Fluor Wasserstoff ätzte. Als Zement benutzte er Harvard und De Trey. Dabei stellte er bei seinen Versuchen fest, dass die Adhäsion sämtlicher Zemente bei Erhöhung der Pulvermenge ab-, dagegen bei Säurevermehrung zunahm..

Bereits kurz danach widerlegte KULKA (30) die Anschauung von Morgenstern. Kulka glaubte, dass es wichtig sei, die Versuche unter gleichen Bedingungen, wie sie in der Mundhöhle herrschen, durchzuführen. Zu seinen Versuchen nahm er vergoldete Metallstifte, stellte diese in Elfenbeinklötzchen und kittete sie ein. Nach einer Stunde Erhärtung stellte er diese 6 Tage lang in Speichelwasser. Dabei schreibt er "eine eigentliche Adhäsion, ein richtiges Kleben der Zemente, betrachte ich in Hinsicht auf vielerlei anderweitige Versuche als ziemlich ausgeschlossen.

Auch WESTPHAL (56) meint in seiner Arbeit, dass die Adhäsion ein gegenseitiges Haften von Molekülen an der Grenzoberfläche zweier Phasen infolge zwischenmolekularer Anziehung sei.

Genauso wie die letztgenannten Autoren nahm auch PROELL (36) zu seinen Adhäsionsversuchen Glasstäbchen, die er, um die Adhäsionskraft heraufzusetzen, am Ende etwas anrauhte.

Nach dieser Zeit wandelte man in der Zahnmedizin den Begriff der "Adhäsion" in den besseren Begriff der "Haftintensität" um.

Das "National Bureau of Standard" hatte sehr bald festgestellt, dass die Adhäsionskräfte sehr gering seien und hauptsächlich mechanische Kräfte berücksichtigt werden müssten. So spricht FALCK (9) von einer sogenannten "Verzahnung", das heisst, dass die Haftintensität nicht von dem Haften einer Zementschicht, sondern vom Ineinandergreifen von Flächenunregelmässigkeiten abhängig sei. Nach seiner Anschauung müssten eventuell Rillen in die Gussfüllungen eingeschliffen werden, damit die Haftintensität erhöht werden kann und auch SPANNER (44) erkennt die Wichtigkeit der mechanischen Verankerung des Zinkoxyphosphatzementes an. Die Literatur geht über WEIKART (55), der schreibt: "Auch die Erfahrungen der Praxis sprechen für das Vorherrschen von mechanischen Verankerungen", zu VOLKMANN (54), der glaubt, dass die Haftintensität die Summe aller Kräfte, die das Haften eines Zementes an einer gegebenen Oberfläche ermöglicht, sei und die einer Kraft, die von der Oberfläche fortwirkt, Widerstand leistet. Die mechanischen Momente spielen allein eine Rolle und die Art und Form der Rauhigkeit ist proportional der Grösse der Haftintensität.

Die Autoren erkannten immer mehr die Wichtigkeit der mechanischen Verankerungen und so verbesserte SCHÖNBECK (48) den Halt einer Gussfüllung durch tief eingesägte Schnitte und durch Anrauhen mit Hilfe eines Stichels. Die Entwicklung ging dann weiter über BOISSON (5). Er schaffte die sogenannte "Tiefenverankerung" mit Hilfe von Bügeln und Krampons, mit denen er die Gussfüllungen versah. Zu seinen Versuchsreihen sagt er selbst: "Man macht sich keinen Begriff von dem grossen Widerstand, den die Tiefenverankerung darstellt".

Der Inhalt dieser Arbeit wurde auch von SPANG (43) in einer Veröffentlichung gewürdigt.

Eine weitere Steigerung erfolgte dann durch TALLMANN (52), der mit Hilfe von inneren Verankerungen (durch angegossene Drahtbügel) bei den Gussfüllungen eine wesentliche Steigerung der Haftintensitätswerte erreichte. Allein bei zentralen Kavitäten betrugen die Haftintensitätswerte bei Gussfüllungen mit Bügel um 20 kg mehr, als bei Gussfüllungen ohne diesen Bügel.

Haftintensitätsprüfungen von Phosphatzementen unternahm auch WEIKART (55). Er benützte dazu Schmirgelleinen, das auf eine plane Unterlage gelegt wurde. Darauf setzte er eine zweiteilige Form aus rostfreiem Stahl und diese wurde mit Zement gefüllt. Nach 30 Minuten wurde die Form entfernt und somit lag der Zementwürfel auf dem Schmirgelleinen. Vor den Abrissversuchen wurde das Schmirgelleinen durch ein kleines Eisenstück gespannt.

Auf diese Versuche antwortete jedoch DRUM (8). Er sagte, dass die angegebene Schmirgelleinwandprobe nach seinem Ermessen nicht definitiv sei, da sie nur

über die Haftintensität des Zementes am Schmirgelleinen Ausdruck gibt. Auch HATTEMER und KÜBEL (19) meinen, dass an Schmirgelleinwand keine Abreissversuche durchgeführt werden können, da die Schmirgelleinwand zuerst am Rand einreisst und so nur die Kraft auf einen bestimmten Bruchteil wirkt.

Andere Autoren wiederum, wie z.B. BURKHARDT (6), bezeichnen die Haftintensität als die Summe der Zerreissfestigkeit der Zementteilchen und C.-H. FISCHER und BARTRAM (10) stellten in 25 % ihrer Haftintensitätsuntersuchungen fest, dass die Haftfestigkeit grösser als die Zerreissfestigkeit war. FALCK (9) erkannte in seinen Versuchsreihen, dass auch die Bruchfestigkeit des Zementes eine sehr grosse Rolle bei den Haftintensitätswerten spielt. Auch der Autor ROWALTER SOPRON (39) forderte, dass die Haftintensität zu den metallischen Produkten mindestens die Festigkeit des Zementes besitzen müsse.

Eine Reihe weiterer Autoren stellte in ihren Versuchsreihen eine Zwischenkörperbildung fest. So konnte IDOLSKI (22) eine Veränderung im Dentin erkennen, die in einer nur mikroskopisch nachweisbaren Zone stattfand. Auf chemischem Wege die Zwischenkörperbildung festzustellen, versuchte SCHMALZ (47): die Versuche ergaben, dass die Zinkphosphatkristalle Ca-Atome in das Kristallgitter aufnehmen und gerade diese Kristalle sollen als Einlagerungsmischkristalle bezeichnet werden. Weiterhin stellte KRIEGER (28) mikroskopisch fest, dass sich bei normalen Anrührverhältnissen ein stark verfilztes Gemisch von Nadeln und Nadeldrusen zeigten. Bei reichlichem Pulverquantum ergaben sich rhombische sechseckige Kristalle, bei denen sich die Wasserlöslichkeit negativ zeigte.

Die Autoren STÜBEN und LOCKOWANDT (51) erkannten in ihren Versuchsreihen ausser der Wichtigkeit der rauhen Haftflächen auch die ausserordentliche Wichtigkeit, dass das Zement auch in die Vertiefungen des Metalles eindringen kann. Derselben Meinung war auch GRIESER (13), der ebenfalls die Haftintensität vom Eindringen des Zementes in die feinsten Vertiefungen abhängig macht und der auch der Pulvergrösse eine Bedeutung zumisst. Er schreibt dabei einem fein vermahlenen Pulver stärkere klebeförmige Plastizität zu, als einem groben Pulver.

Eine neue Erkenntnis brachte WANNEMACHER (33) der für die Haftintensitätswerte das Volumenverhalten der Zemente für wichtig hält. Nach seinen Ergebnissen kontrahieren sich fast alle Zemente und lösen sich von der Haftfläche ab. Je nachdem, wie gross nun die Verankerungsmöglichkeiten sind, erfolgt auch die Ablösung.

Dann kam eine lange Reihe von Autoren, die ein wesentliches Augenmerk auf die Verarbeitung des Zementes und auf das Anrührverhältnis legten.

So nahm z.B. RUFF (40) bei gleichbleibender Pulvermenge von 0,5 gr. verschiedene Flüssigkeitsmengen und erreichte folgende Haftintensitätswerte an Probekörpern, die aus Thüringer Normalglas bestanden und mit Schmirgelpapier angerauht wurden:

0,04 ccm	Flüssigkeit	13,1 kg/qcm	
0,08 "	"	16,2 "	"
0,17 "	"	26,1 "	"
0,20 "	"	41,6 "	"
0,25 "	"	34,4 "	"
0,30 "	"	24,2 "	"
0,35 "	"	4,3 "	"

Somit ergaben sich also die besten Werte bei einer Pulvermenge von 0,5 gr. und einer Flüssigkeitsmenge von 0,20 ccm. Bei steigender Flüssigkeitszufuhr fielen die Haftintensitätswerte sehr deutlich ab.

Auch HAHN (15) nahm zu seinen Haftfestigkeitsprüfungen verschiedene Präparate mit verschiedener Konsistenz. Als erstes das schnellhärtende Bayer Phosphatzement in einem Verhältnis von 100 : 70, wobei sich nach 24 Stunden bei Prüfkörper auf Schmirgelleinen eine Haftintensität von 252 gr/mm^2 ergab. Als zweites Zement benützte er das schnellhärtende Harvard Zement in einem Verhältnis von 100 : 75. Hier waren die Werte 286 gr/mm^2. Als drittes Zement nahm er das Jotazement in einem Verhältnis von 100 : 50, wobei 320 gr/mm^2 erzielt wurden. Als viertes und letztes Zement bediente er sich des Orthophos in einem Verhältnis von 100 : 60. Die besten Werte lagen hier bei 340 gr/mm^2. Somit zeigten sich die besten Werte bei einem Mischungsverhältnis von 100 Teilen Pulver zu 60 Teilen Flüssigkeit.

Nach den Erfahrungen von SPANNER (44) beurteilen viele Zahnärzte die Haftintensität nach der Klebrigkeit beim Anrühren der Zemente. Die Klebrigkeit hat aber mit der Haftintensität nichts zu tun, da sobald die Mischung erhärtet ist, die Eigenschaft der Klebrigkeit verliert. Deshalb muss das Zement weich sein und in die kleinsten Vertiefungen einfliessen. Seine obengenannten Behauptungen verdeutlichte er in einer zweiten Versuchsreihe, indem er drei verschiedene Zemente zu seinen Versuchen nahm. Das erste war normalhärtend und sehr klebrig, das zweite normalhärtend und wenig klebrig und das dritte schnellhärtend und sehr klebrig. Die besten Haftintensitätswerte ergab das normalhärtende und wenig klebrige Zement.

In diesem Zusammenhang ist auch die Arbeit von ADOLPH (1) erwähnenswert. Er stellte in seinen Versuchsreihen mit einem selbsthergestellten Phosphatzement fest, dass ein Zinkoxyphosphatzement bei niedrigem Anrührverhältnis, also dünner Konsistenz, schneller in Lösung geht, als bei höherem Anrührverhältnis. Auch SMREKER (42) meint, man solle soviel Pulver wie nur möglich beigeben. Die Erfahrungen von BÖCKMANN und ROTTKE (3) zeigten, dass das beste Anrührverhältnis bei 1 gr. Pulver und 0,88 ccm Flüssigkeit sei.

Nach der Anschauung von van der KLEI (25) muss das Mischungsverhältnis genau festgelegt werden, da das überschüssige Pulver nicht gebunden werden kann und ein zuviel an Säure das Zement im Mund durch Speichel leicht löst. Er stellte an einer Reihe von Versuchen die beste Konsistenz fest und kam zu einem Verhält-

nis von 100 Teile Pulver zu 64 Teile Flüssigkeit. Weiterhin ist die Körngrösse des Zementes von grosser Bedeutung, da es, umso kleiner das Korn ist, umso besser in die Vertiefungen eindringen kann. Ein weiterer Autor war HANDLOS (16), der von einem Konsistenzverhältnis von 100 : 40 bis zu einem Verhältnis von 100 : 120 Versuche unternahm und als Schlussfolgerung sagte, dass nur ein dick angerührtes Zement den Anforderungen nahekommt. Interessanterweise erzielte die Standardkonsistenz nur in einem Fall die besten Werte.

HATTEMER (18) machte sich in diesem Zusammenhang die Mühe und stellte einen Mittelwert der Haftintensitätswerte nach den Veröffentlichungen von Kübel, Burckhard, Schoppe, Ketterl und Kierse zusammen, der 8,981 kg/cm^2 betrug. In seinen weiteren Versuchsreihen kam er zu einer Standardkonsistenz von 1,75 gr. Pulver zu 0,5 ccm Flüssigkeit bei normalhärtendem Bayer Phosphatzement. Auch REBEL (38) legt grossen Wert auf die Konsistenz, wobei er auch auf die Feinheit des Pulvers und Mischungsdauer hinweist. Er meint, je "steifer" die Konsistenz ist, umso geringer ist die Schwindung. Ein Anrühren mit wenig Flüssigkeit erreicht also ein Maximum. Die Füllmasse soll steif sein und auf einer grossen, dicken, staub- und wasserfreien, höchstens 20^o Celsius warmen Platte angerührt werden. Zur Konsistenzprobe schlägt er vor, eine sog. Kegelprobe zu machen, wobei das Gemisch kegelförmig zusammengestrichen werden soll. Dann soll mit einem Spatel draufgedrückt werden, der Spatel hochgehoben und ein wenig ausgezogen werden und dann soll der abgerissene Faden wieder mit dem Kegel zusammenfliessen.

KUHN (29) unternahm viele Versuche an Phosphatzementen und bei seinen Prüfungen kam er bei Degussazement schnellhärtend zu einer Standardkonsistenz von 100 Teile Pulver zu 67 Teile Flüssigkeit, bei Degussazement normalhärtend von 100 Teile Pulver zu 80 Teile Flüssigkeit und bei Harvard schnellhärtend von 100 Teile Pulvermenge zu 85 Teile Flüssigkeitsmenge. Er glaubt, dass die Standardkonsistenz nicht die beim Zahnarzt gebräuchliche Konsistenz sei. Sie ist für Kronen- und Inlaybefestigungen viel zu flüssig. Und auch PFAFFENBERGER (49) stellte mit seinen zahlreichen Mitarbeitern in Versuchsreihen bei Zahnärzten, Dentalfabrikanten und Assistenten fest, dass die gewohnheitsmässige Konsistenz sehr unterschiedlich bei den vielen Praktikern sei. Bei gleichbleibender Flüssigkeitsmenge von 0,5 ccm nahmen oben angeführte Praktiker zwischen 0,65 und 1,30 gr. Pulver. Im Durchschnitt ergab sich ein Verhältnis von 0,5 ccm Flüssigkeit zu 0,97 gr. Pulver und er fand dann in seinen persönlichen Versuchsreihen, dass die beste Konsistenz bei 3 Teilen Pulver zu 2 Teilen Flüssigkeit lag. Ein ähnliches Ergebnis erzielte JÄNICKE (23), der bei gleicher Pulvermenge von 0,5 gr. verschiedene Flüssigkeitsmengen benützte. Zu 0,5 gr. Bayer Phosphatzementpulver normalhärtend gab er 0,1-0,125-0,15-0,2-0,3 ccm Flüssigkeit und erzielte die besten Werte bei einer Konsistenz von 0,5 gr. Pulver zu 0,150 ccm Flüssigkeit. Auch LIGNITZ (32) beobachtete in seinen Versuchsreihen, dass, um beste Konsistenz zu erhalten, beim Anrühren möglichst ein grosses Quantum Pulver in die Flüssigkeit gegeben werden muss und zwar bis gerade noch das Einsetzen eines Inlays vorgenommen werden kann. KULKA (30) wiederum prüfte das Konsistenzverhältnis ge-

nau und konnte bei seiner Versuchsreihe feststellen, dass die beste Konsistenz bei Harvard 100 Teile Pulver zu 48,75 Teile Flüssigkeit und bei De Trey 100 Teile Pulver zu 40,1 Teile Flüssigkeit betrug. Leider gab KUNERT (31) keine genauen Ergebnisse seiner Versuche bekannt. Er schreibt nur, dass die Haftintensitätswerte bei "dünn angerührtem Zement" höher waren als bei "dick angerührtem Zement" und auch SCHÖNBECK (48) meint, dass sich ein dünn angerührtes Zement in Hinsicht auf seine Haftintensität genauso verhält, wie eine normale Mischung, da die gleichen Reaktionsprodukte entstehen.

Wie die angegebene Literatur zeigt, sind die Ansichten der Autoren oft sehr verschieden. Überdies meint DRUM (8) in seinen Prüfungsvorschriften für Phosphatzemente, dass es gar nicht von grossem Nutzen ist, wenn ein dick angerührtes Zement hervorragende Eigenschaften entwickelt, bei dünner Konsistenz, also brauchbar zum Einzementieren von technischen Arbeiten, jedoch versagt. Er vertritt die Ansicht, dass es deshalb nicht wichtig sei, die besten Eigenschaften eines Zementes festzustellen, sondern seine Eigenschaften bei einer wirklich brauchbaren Konsistenz zu prüfen. Dieser Gedanke wurde auch in den vorliegenden Versuchen berücksichtigt.

RAWITZER (37) und SCHEDL (46) gingen in ihren Anordnungen davon aus, dass im Mund äusserst schwierige Verhältnisse herrschen, die nicht bei jedem Versuch gleich eingehalten werden können. Aus diesem Grunde führten sie ihre Versuche ausserhalb der Mundhöhle durch und konnten auf diese Weise gleichbleibende Versuchsbedingungen schaffen. Auch diese Überlegung war bei den vorliegenden Versuchen richtungsgebend!

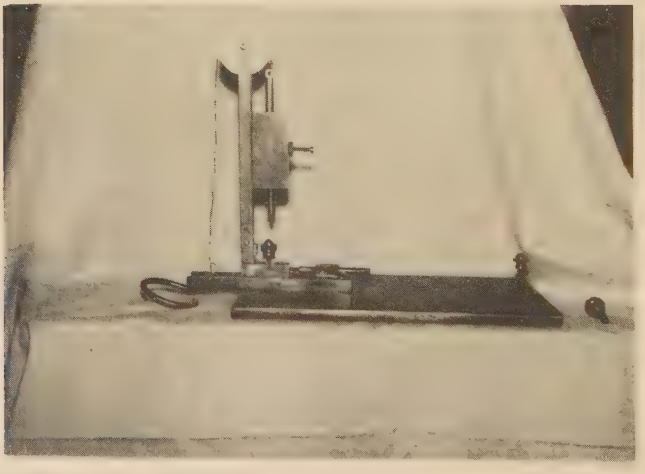
IV. VERSUCHSANORDNUNG

a. APPARATUR

Als Apparatur benützte ich den von HOPPE und GUTSCHE (20) konstruierten Abreissapparat, wobei ich jedoch einige wesentliche Abänderungen vornahm. Die Apparatur wurde so entwickelt, dass unter Berücksichtigung der physikalischen Gesetze einwandfreie Versuchsergebnisse erzielt werden konnten. Wie schon bei HOPPE und GUTSCHE wurde Wert darauf gelegt, dass bei den Abreissversuchen zwischen Goldoberfläche und Phosphatzement nur Zugkräfte und unter keinen Umständen Scher- und Hebelkräfte auftreten konnten. Die Apparatur wurde aus diesen Gründen folgendermassen konstruiert:

1. Auf einen eigenen Versuchstisch V wurde ein Block A mit Schrauben montiert. Dieser Block enthielt eine 10 mm tiefe Bohrung B, in die bei den Versuchen der Stiel des pilzförmigen Versuchskörpers gesteckt wurde. Eine Stellschraube C diente zum Festhalten des Versuchskörpers.

2. Der zweite Abschnitt der Apparatur konnte sowohl in waagrechte Lage zum Einbringen des Zementes in den Kupferring, als auch um die Achse D in senkrechte Lage zum Zusammenbringen von Zement und Versuchskörper gebracht werden. Der zweite Abschnitt enthielt weiterhin eine Abreisstange E, die am Versuchsende eine Durchbohrung zum Einstecken eines Haltestiftes für den beim Versuch anzubringenden Kupferring hatte (F). Ferner war am Versuchsende der Abreissstange eine Feder O angebracht, die beim Abreissen des Zementes vom Versuchskörper das Gewicht abfangen musste.
   Die Abreissstange wurde in einer 1/100 mm genauen Bohrung durch den Block G geleitet. An diesem Block G war wiederum eine Halteschreube H zum Festhalten der Abreissstange angebracht. An der Abreissstange wurde ein Draht J befestigt, der über eine Rolle K zum dritten Abschnitt der Abreissapparatur führte.
3. Der dritte Abschnitt der Abreissapparatur bestand
   a. bei der ersten Versuchsreihe-Profil glatt mit 20 Versuchen- aus einem Blechkübel S, der an einem Haken R befestigt war (Eigengewicht 300 gr.). In diesen Kübel liess ich bei den Versuchen bis zum Abreissen langsam Wasser einfliessen.
   b. bei allen anderen 160 Versuchen aus einer Zugwaage Z, die ebenfalls an dem Haken R aufgehängt war. Diese Zugwaage (Eigengewicht 1550 gr.) bestand aus einer Skala L, zwei Zeigern M und einem Triangel N, an dem die Abreissversuche vorgenommen wurden.

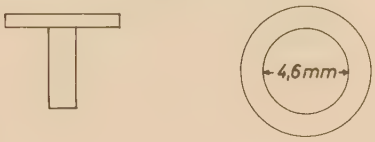


Versuchsapparatur in senkrechter Stellung

1. Für die Abreissversuche wurde als Zement Bayer Phosphatzement (normalhärtend) und die dazugehörige Flüssigkeit benutzt.
2. Die Prüfobjekte wurden aus blauem Modellierwachs modelliert und aus 20 karätigem Gold gegossen. Sie hatten Pilzform und bestanden aus einem Stiel = Einspannstift und einer Haube, deren Oberfläche bei jeder Versuchsreihe ein anderes Profil hatte. Die einzelnen Oberflächenprofile hatten folgende Formen:

   a. Profil 1 = glattes Profil:

   Dieses Profil wurde aus Blauwachs modelliert, wobei die Oberfläche glatt gestaltet wurde. Nach dem Guss wurde die Oberfläche ausgearbeitet (kleines Steinchen) und poliert. Die Polierzeit betrug cirka 3 Minuten. Es wurde keine Hochglanzpolitur angefertigt.
   Der Durchmesser des Prüfobjektes betrug 8,3 mm und der Durchmesser des Prüfungsprofils betrug 4,6 mm.
   Die Dicke der Haube 0,9 mm und der Durchmesser des Einspannstiftes 2,8 mm.



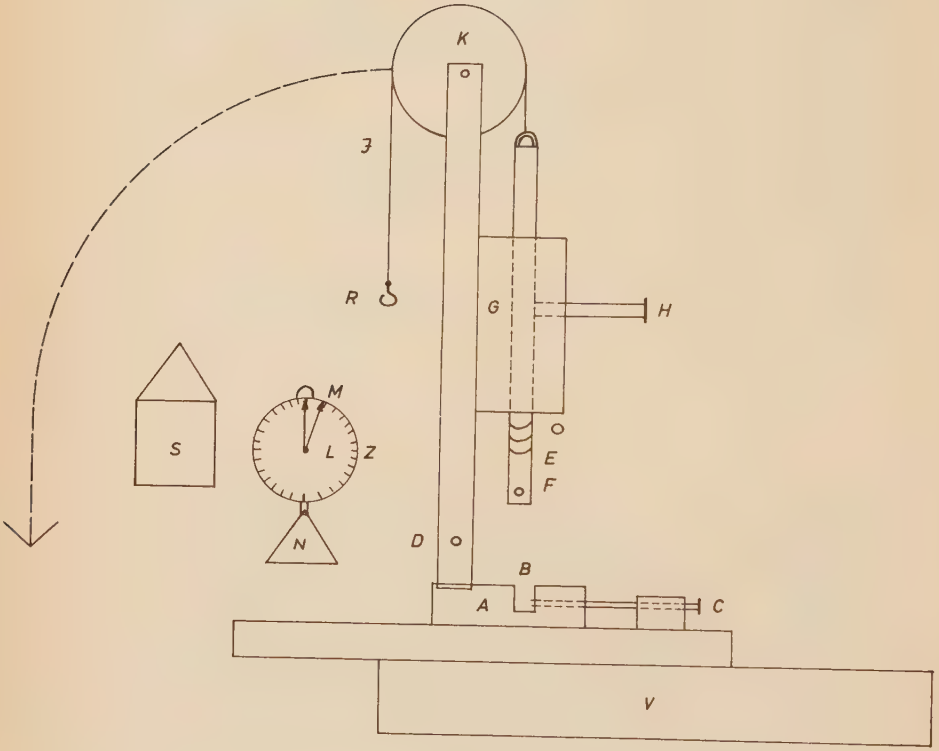
Prüfungsobjekte

Seitenansicht *Aufsicht*

   b. Profil 2 = Profil mit grossem Kästchen:

   Dieses Profil wurde ebenfalls aus blauem Modellierwachs modelliert, wobei in die Oberfläche vier Quadrate eingraviert wurden, deren Seiten jeweils 2,0 mm lang waren und deren Tiefe 0,5 mm betrug. Der Durchmesser des Prüfobjektes betrug wieder 8,3 mm, der Durchmesser des Prüfungsprofils war ebenfalls wieder 4,6 mm.
   Die Dicke der Haube betrug 1,4 mm und der Durchmesser des Einspannstiftes 2,9 mm.
   Die Oberfläche wurde ebenfalls wieder ausgearbeitet und mit einer normalen Politur versehen.

Aufsicht *Seitenansicht*



ABREISSAPPARATUR

Zeichenerklärung der Apparatur

A = Befestigungsblock
B = Bohrung zum Einstecken des Versuchskörpers
C = Stellschraube zum Festhalten des Versuchskörpers
D = Kippachse
E = Abreissstange
F = Bohrung für Haltestift
G = Abreissblock
H = Halteschraube zum Festhalten der Abreissstange
I = Verbindungsdraht
K = Rolle
L = Skala der Waage
M = Zeiger der Waage
N = Triangel der Waage
Z = Zugwaage
V = Versuchstisch
O = Feder
S = Kübel
R = Haken

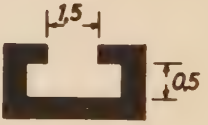
Versuchsapparatur in waagrechter Stellung

c. Profil 3 = Profil mit kleinen Kästchen:

Zu diesem Profil wurden die im Handel erhältlichen Wachsschablonen "Dentaurum" aus Pforzheim verwendet. Die Wachsschablonen wurden auf eine glatte Haube gelegt, mit ihr verbunden und gegossen. Nach dem Guss erfolgte dieselbe Ausarbeitung und Polierung, wie bei vorgenannten Profilen.

Die fertige Profiloberfläche zeigte zwei wesentlich kleinere Quadrate als bei Profil 2 und zwar war die Seitenlänge nur 1,5 mm. Weiterhin waren ein Quadrat mit einer und ein Quadrat mit zwei offenen Seiten vorhanden. Die Länge der Seiten betrug ebenfalls 1,5 mm. Die Tiefe der Quadrate war wie bei Profil 2 0,5 mm. Ausserdem waren die Quadrate untersichgehend.
Der Durchmesser des Prüfkörpers war wiederum 8,3 mm und der des Prüfkörperprofils 4,6 mm.
Die Dicke der Haube betrug 1,4 mm und der Durchmesser des Einspannstiftes 2,5 mm.

Ansicht



Seitenansicht

d. Profil 4 = Profil gezackt = Knospenprofil:

Zur Herstellung dieses Profils wurde eigens ein sogenanntes "Fakirbrett" angefertigt. Das Fakirbrett war aus Metall und hatte ein zu den Fakurnägel passenden Gegenguss mit entsprechenden Löchern. Zwischen das Fakirnägel und dem Gegenguss wurde nun eine doppelte Blauwachsplatte gelegt, leicht erwärmt und zusammengedrückt. Nach Auseinanderbringen des Fakirbrettes und der Gegengussplatte war die Wachsplatte durchlöchert und auf der Gegenseite zeigten sich durch das verdrängte Wachs zackige Knospen. Diese Wachsplatte wurde wieder auf eine vormodellierte Haube gelegt, mir ihr verbunden und gegossen. Nach dem Guss wurde das Profil wieder ausgearbeitet und poliert.
Das Oberflächenprofil präsentierte sich nun als ein sogenanntes "Rosenknospenprofil". Es waren insgesamt 7 Knospen mit einem Durchmesser von je 1,0 bis 1,4 mm und einer Tiefe von 0,5 mm.
Der Durchmesser des Prüfobjekts betrug wiederum 8,3 mm und der des Prüfobjektes 4,6 mm.
Die Dicke der Haube betrug 1,2 mm und der Durchmesser des Einspannstiftes 2,6 mm.

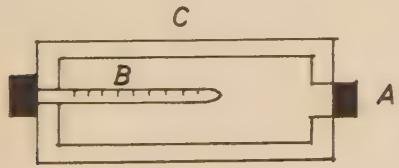
Aufsicht

Seitenansicht

Zusammenfassend zu den Prüfungsobjekten sei vermerkt, dass sie alle denselben Durchmesser von 8,3 mm hatten. Von diesem Durchmesser gingen 4,6 mm für das eigentliche Prüfungsprofil ab, so dass auf jeder Seite ein 1,8 mm breiter Rand vorhanden war, der den Sinn des Zementauffanges hatte.

Die Dicke der Haube und der Durchmesser des Einspannstiftes, die auf die späteren Versuchsergebnisse keinen Einfluss hatten, wurden des Apparates wegen möglichst gleich gewählt.

3. Weiterhin wurden bei den Versuchsreihen noch harte Kupferringe, die an zwei Seiten perforiert waren und immer denselben Durchmesser von 4,6 mm hatten, zur Aufnahme des Zementes verwendet. Dieses in die Kupferringe gebrachte Zement wurde in den verschiedenen Versuchsreihen auf einige Profilarten gebracht.
4. Das Zement wurde auf der bereits im Handel erhältlichen Thermoanrührplatte der Firma "Jota" gebrauchsfertig angerührt. Diese Anrührplatte kann durch Hinzufügen von kaltem oder warmen Wasser auf eine gewünschte Temperatur gebracht werden. Die Temperatur kann man auf einem im Wasserbad liegenden Thermometer ablesen.



Thermoanrührplatte

Kupferring

A verschraubbare Öffnung

B Thermometer

C Anrührfläche

V. VERSUCHSVORAUSSETZUNGEN

Mit grösster Sorgfalt achtete ich darauf, dass bei jeder Versuchsreihe nur das Profil des Prüfungsobjektes, Plattentemperatur und Pulvermenge verändert wurden und sonst alle anderen folgenden Punkte gleich blieben:

1. Das Zement wurde jeweils aus derselben Packung Bayer Phosphatzement entnommen und mit einer Goldwaage auf 1/100 Gramm Genauigkeit gemessen.
2. Die Flüssigkeit war aus derselben Lieferung wie das Zementpulver. Mit Hilfe einer Pipette wurde für jeden Versuch eine Menge von 0,500 ccm aus der Flüssigkeitsflasche abgesaugt und pupettiert.
3. Die Temperatur im Versuchsraum wurde durch Kühlung oder Erwärmung stets auf 20° Celsius gehalten.
4. Die Anrührtechnik war nach Angaben des National Bureau of Standards bei jedem Versuch gleich.
5. Die Anrührzeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen und betrug stets 90 Sekunden.
6. Die Versuchskörper waren 90 Sekunden nach Beendigung des Anrührens eingespannt und zu vollkommener Ruhe gebracht.
7. Das Zement wurde immer in der gleichen Weise eingebracht, nachdem Versuchskörper und Kupferring jeweils genau eingespannt waren.
8. Die Profile der Versuchsobjekte hatten stets dieselbe Oberflächengrösse und in jeder Versuchsreihe dieselbe Oberflächenbeschaffenheit.
9. Die Abreissversuche wurden stets nach 120 Minuten ausgeführt.
10. Die Abreissversuche wurden bei jedem Versuch in derselben Weise durchgeführt und dabei darauf geachtet, dass nur Zugkräfte und keine Hebelkräfte angewandt wurden. Dabei wurde die Abreissstange immer in der gleichen Richtung geführt und die im Block G entstandene Reibung wurde durch Ölung auf ein Minimum herabgesetzt, das bei allen Versuchsreihen dasselbe war und deshalb unberücksichtigt bleiben kann.
11. Bei allen 180 Versuchen benützte ich die gleiche Menge von 0,500 ccm Flüssigkeit und änderte auf Grund der Ergebnisse von HARTUNG und WIECHMANN (17 und 57) die Anrührplattentemperatur und die Zementpulvermenge.
    Die Versuche wurden von mir in folgenden Versuchreihen ausgeführt:

I. Versuchsreihe:
18° Celsius Plattentemperatur und 1,000 gr. Pulver
1. Profil glatt: 20 Versuche
2. Profil mit grossen Kästchen: 20 Versuche
3. Profil mit kleinen Kästchen: 20 Versuche
4. Profil gezackt, Knospenprofil: 20 Versuche

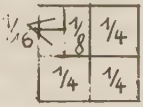
II. Versuchsreihe:
18° Celsius Plattentemperatur und 1,20 gr. Pulver
1. Profil mit kleinen Kästchen: 10 Versuche
2. Profil gezackt, Knospenprofil: 10 Versuche

III. Versuchsreihe:
15° Celsius Plattentemperatur und 1,40 gr. Pulver
1. Profil mit kleinen Kästchen: 20 Versuche
2. Profil gezackt, Knospenprofil: 20 Versuche

IV. Versuchsreihe:
12° Celsius Plattentemperatur und 1,60 gr. Pulver
1. Profil mit kleinen Kästchen: 20 Versuche
2. Profil gezackt, Knospenprofil: 20 Versuche

VI. VERSUCHSBESCHREIBUNG

1. Das betreffende Prüfobjekt wurde in die Bohrung B des Blockes A gesteckt und mit einer Schraube C so festgehalten, dass es nicht mehr bewegt werden konnte. Die Oberfläche des Prüfobjektes wurde mit einem in Chloroform getränkten Wattebäuschchen gereinigt und mit einem Luftbläser getrocknet.
2. Auf die in die waagerechte Lage gebrachte Abreissstange E wurde am unteren Ende F ein Kupferring gedrückt, und in der ersten Perforation mit einem Haltestift F an der Bohrung der Abreissstange befestigt.
3. In den Kupferring wurde ein Papierplättchen eingebracht, damit nach Versuchsende der Kupferring leichter von der Apparatur abgehoben werden konnte.
4. Die gewünschte, abgewogene Menge Phosphatzement und die pipettierte Flüssigkeitsmenge von 0,500 ccm wurden auf die mit Wasser gekühlte Anrührglasplatte gebracht. Die erforderliche Temperatur der Anrührplatte wurde dabei vor jedem Versuch durch Hinzufügen von kaltem oder warmen Wasser erreicht und am, in der Anrührplatte befestigten, Thermometer abgelesen. Das Zementpulver wurde mit einem Spatel platt gedrückt und quadratisch geformt. Die Pulvermenge wurde nach der vom National Bureau of Standards angegebenen Art aufgeteilt und zwar folgend:



2 Mal 1/16 der gesamten Pulvermenge
1 Mal 1/8 der gesamten Pulvermenge
3 Mal 1/4 der gesamten Pulvermenge.

Nun wurde mit Hilfe einer Stoppuhr das Zement angerührt. Dabei wurde zu Beginn des Anrührens 1/16, nach 10 Sekunden wieder 1/16, nach weiteren 10 Sekunden 1/8, nach nochmaligen 10 Sekunden 1/4, dann nach 15 Sekunden wieder 1/4 und nach weiteren 15 Sekunden das letzte Viertel zu der Flüssigkeit gegeben. Die letzte Pulvermenge wurde dann noch 30 Sekunden mit dem bereits angerührten Zement fest vermischt. Die Gesamtanrührzeit betrug also 90 Sekunden.
5. Das angerührte Zement wurde dann in den bereits vorbereiteten Kupferring gebracht. Dies geschah in jeweils kleinen Mengen, wobei durch leichtes Blasen

mit einem Luftbläser und durch sachtes Einpressen des Zementes in den Kupferring an den Perforationsstellen desselben die im Zement entstandenen Luftblasen austraten. Nachdem der Kupferring restlos gefüllt war und einen kleinen Überschuss zeigte, wurde der zweite Abschnitt des Abreissapparates aus seiner waagrechten Lage, durch Kippen um die Achse D, in eine Senkrechte Lage gebracht. Somit wurde der mit Zement gefüllte Kupferring dem Prüfobjekt zugeführt. Die Abreissstange wurde bis zu einer gekennzeichneten Marke nach unten auf das Prüfobjekt gedrückt und die Halteschraube im Block G festgeschraubt. Somit war der Kupferring mit dem Zement genau senkrecht auf die Profilfläche gebracht worden und zwar immer mit demselben Druck. Das Zement konnte sich somit mit der Profiloberfläche verbinden und das überschüssige Zement wurde mit einem Spatel entfernt. Dieser gesamte Arbeitsvorgang betrug 90 Sekunden und somit die Gesamtverarbeitungszeit -mit der Anrührzeit- insgesamt 180 Sekunden -also 3 Minuten.

In diesem Zustand wurde die Apparatur mit dem Versuchsobjekt 120 Minuten belassen.

6. Nach 120 Minuten unternahm ich meinen Abreissversuch, wozu ich am Haken R, der durch einen Verbindungsdraht mit der festgeschraubten Abreissstange E in Verbindung stand, bei den ersten 20 Versuchen einen Blechkübel und bei allen anderen 160 Versuchen eine Zugwaage anbrachte.
   a. Bei den ersten 20 Versuchen konnte ich die Zugwaage nicht benützen, da das Eigengewicht der Waage 1550 gr., den Abreisswerten gegenüber zu hoch war. Aus diesem Grund nahm ich einen Blechkübel, in den ich nach Öffnen der Halteschraube im Block G und nach 60 Sekunden freiem Hängenlassen des Kübels an der Abreissstange, langsam Wasser einlaufen liess. Im Augenblick des Abrisses stoppte ich den Wasserzufluss und wog anschliessend das Wasser. Somit hatte ich die genauen Abreisswerte erhalten.
   b. Bei den anderen 160 Versuchen nahm ich eine Zugwaage, die am Haken R befestigt wurde.
      Nachdem wieder die Halteschraube im Block G gelockert war und das Eigengewicht der Zugwaage von 1550 gr. 60 Sekunden frei an der Abreissstange hing, begann ich durch Zugkraft an der Triangel N der Waage meine Abreissversuche. An der Skala der Waage liefen zwei Zeiger nebeneinander, wobei im Augenblick des Abrisses der zweite Zeiger stillstand und ich somit den genauen Wert an der Skala ablesen konnte. Zu diesem abgelesenen Wert rechnete ich noch das Eigengewicht der Waage und bekam somit den genauen Versuchswert.

      Nach jedem Versuch nahm ich den Kupferring von der Abreissstange ab und befestigte einen neuen daran.
      Das Goldprofil spannte ich ebenfalls nach jedem Versuch aus, legte es zwei Stunden in Wasser und säuberte es dann mit einer Sonde von jeglichen Zementresten.

VII. ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

I. VERSUCHSREIHE

18° Celsius Plattentemperatur
1,00 g Pulver
0,500 ccm Flüssigkeit
20° Celsius Zimmertemperatur

I/1. Profil glatt

Versuch	1	-	950 g
"	2	-	1200 g
"	3	-	800 g
"	4	-	1400 g
"	5	-	900 g
"	6	-	1100 g
"	7	-	1300 g
"	8	-	750 g
"	9	-	1500 g
"	10	-	950 g
"	11	-	1050 g
"	12	-	950 g
"	13	-	900 g
"	14	-	1200 g
"	15	-	850 g
"	16	-	1400 g
"	17	-	950 g
"	18	-	1400 g
"	19	-	750 g
"	20	-	800 g

I/2. Profil gross- grosses Netz

Versuch	1	-	4200 g
"	2	-	3750 g
"	3	-	3900 g
"	4	-	4700 g
"	5	-	4550 g
"	6	-	4100 g
"	7	-	4350 g
"	8	-	4200 g
"	9	-	5150 g
"	10	-	4050 g
"	11	-	3350 g
"	12	-	3450 g
"	13	-	4100 g
"	14	-	3900 g
"	15	-	5550 g
"	16	-	4350 g
"	17	-	4350 g
"	18	-	4100 g
"	19	-	4300 g
"	20	-	4500 g

I/3. Profil klein - kleines Netz

Versuch	1	-	4200 g
"	2	-	5800 g
"	3	-	6200 g
"	4	-	6750 g
"	5	-	7150 g
"	6	-	4350 g
"	7	-	6700 g
"	8	-	5750 g
"	9	-	5800 g
"	10	-	5850 g
"	11	-	4450 g
"	12	-	5550 g

I/4. Profil gezackt - Rosennetz

Versuch	1	-	7150 g
"	2	-	8200 g
"	3	-	8750 g
"	4	-	4850 g
"	5	-	3850 g
"	6	-	4450 g
"	7	-	6050 g
"	8	-	6500 g
"	9	-	4550 g
"	10	-	5550 g
"	11	-	7850 g
"	12	-	4600 g

I/3. Profil klein - kleines Netz

Versuch	13	5150 g
"	14	5100 g
"	15	8350 g
"	16	7350 g
"	17	5800 g
"	18	5550 g
"	19	4750 g
"	20	5150 g

I/4. Profil gezackt - Rosennetz

Versuch	13	5350 g
"	14	4700 g
"	15	6950 g
"	16	8250 g
"	17	5300 g
"	18	6950 g
"	19	4350 g
"	20	4800 g

Als beste Profile ergaben sich aus der ersten Versuchsreihe:

Profil klein mit 5790 g und
Profil gezackt mit 5940 g.

Da das glatte und das grosse Profil keine guten Werte ergaben, unternahm ich alle weiteren Versuche nur mit dem kleinen und dem gezackten Profil.

II. VERSUCHSREIHE

18° Celsius Plattentemperatur
1,20 g Pulver
0,500 ccm Flüssigkeit
20° Celsius Zimmertemperatur

II/1. Profil klein

Versuch	1	6150 g
"	2	7400 g
"	3	5800 g
"	4	7100 g
"	5	7650 g
"	6	6250 g
"	7	6600 g
"	8	5400 g
"	9	6950 g
"	10	6100 g

II/2. Profil gezackt

Versuch	1	7350 g
"	2	5600 g
"	3	6450 g
"	4	7000 g
"	5	5900 g
"	6	6700 g
"	7	6250 g
"	8	7950 g
"	9	6850 g
"	10	6600 g

In dieser zweiten Versuchsreihe unternahm ich nur jeweils 10 Versuche, da es eine Zwischenprüfung sein sollte, ob bei gleicher Plattentemperatur von 18° Celsius, (wie bei der I. Versuchsreihe) und Erhöhung der Pulvermenge von 1,00 g auf 1,20 g bereits eine Erhöhung der Haftintensitätswerte erzielt werden kann. Nachdem dies bereits nach 10 Versuchen deutlich erkennbar war, ging ich zur nächsten Versuchsreihe über.

III. VERSUCHSREIHE

15° Celsius Plattentemperatur
1,40 g Pulver
0,500 ccm Flüssigkeit
20° Celsius Zimmertemperatur

III/1. Profil gezackt

Versuch	1	-	7350 g
"	2	-	7550 g
"	3	-	8350 g
"	4	-	6950 g
"	5	-	7450 g
"	6	-	6750 g
"	7	-	6650 g
"	8	-	7350 g
"	9	-	7150 g
"	10	-	6950 g
"	11	-	7200 g
"	12	-	6700 g
"	13	-	6950 g
"	14	-	7450 g
"	15	-	7650 g
"	16	-	6800 g
"	17	-	8250 g
"	18	-	8350 g
"	19	-	7400 g
"	20	-	7150 g

III/2. Profil klein

Versuch	1	-	9350 g
"	2	-	9000 g
"	3	-	9100 g
"	4	-	8350 g
"	5	-	7550 g
"	6	-	9250 g
"	7	-	8950 g
"	8	-	7700 g
"	9	-	9400 g
"	10	-	7250 g
"	11	-	9150 g
"	12	-	8200 g
"	13	-	6450 g
"	14	-	9100 g
"	15	-	8350 g
"	16	-	9000 g
"	17	-	8700 g
"	18	-	7900 g
"	19	-	6400 g
"	20	-	8100 g

IV. VERSUCHREIHE

12° Celsius Plattentemperatur
1,60 g Pulver
0,500 ccm Flüssigkeit
20° Celsius Zimmertemperatur

IV/1. Profil gezackt

Versuch	1	-	6800 g
"	2	-	7400 g
"	3	-	7150 g
"	4	-	9300 g
"	5	-	8950 g
"	6	-	9400 g

IV/2. Profil klein

Versuch	1	-	8850 g
"	2	-	9650 g
"	3	-	9500 g
"	4	-	9150 g
"	5	-	7950 g
"	6	-	8600 g

IV/1. Profil gezackt

Versuch	7	-	9750 g
"	8	-	8200 g
"	9	-	9550 g
"	10	-	7750 g
"	11	-	8300 g
"	12	-	6700 g
"	13	-	7450 g
"	14	-	9150 g
"	15	-	8250 g
"	16	-	8600 g
"	17	-	7950 g
"	18	-	8450 g
"	19	-	8000 g
"	20	-	8600 g

IV/2. Profil klein

Versuch	7	-	8950 g
"	8	-	9950 g
"	9	-	9000 g
"	10	-	8750 g
"	11	-	9000 g
"	12	-	7350 g
"	13	-	7900 g
"	14	-	8750 g
"	15	-	8900 g
"	16	-	9400 g
"	17	-	7650 g
"	18	-	8850 g
"	19	-	9950 g
"	20	-	9600 g

Meine Versuchsergebnisse berechnete ich nach:

a. dem Mittelwert:

$$x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i$$

b. der mittleren quadratischen Abweichung (Standard-Abweichung) und der Streuung:

$$s^2 = \frac{1}{N - 1} \sum_{i=1}^{N} (x_1 - x)^2$$

c. der Prüfgrösse:

$$t = \frac{x_1 - x_2}{s_d} \cdot \frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

d. dem Freiheitsgrad:

$$n = N_1 + N_2 - 2$$

e. dem Unterschied der Mittelwerte:

$$s_d^2 = \frac{s_1^2 (N_1 - 1) + s_2^2 (N_2 - 1)}{N_1 + N_2 - 2}$$

Versuchsreihe I
Profil glatt

$= 20800$
$x = 1040$
$(x_1 - x)^2 = 988000$
$s^2 = 52000$
$s = 228$

Versuchsreihe I
Profil gross

$= 84900$
$x = 4245$
$(x_1 - x)^2 = 4884100$
$s^2 = 257058$
$s = 507$

Versuchsreihe I
Profil klein

$= 115750$
$x = 5790$
$(x_1 - x)^2 = 21350000$
$s^2 = 1122000$
$s = 1060$

Versuchsreihe I
Profil gezackt

$= 118800$
$x = 5940$
$(x_1 - x)^2 = 41570000$
$s^2 = 2190000$
$s = 1480$

Versuchsreihe II
Profil klein

$= 65400$
$x = 6540$
$(x_1 - x)^2 = 4740000$
$s^2 = 52,7 \cdot 10^4$
$s = 725$

Versuchsreihe II
Profil gezackt

$= 66650$
$x = 6665$
$(x_1 - x)^2 = 523 \cdot 10^4$
$s^2 = 58,2 \cdot 10^4$
$s = 766$

Versuchsreihe III
Profil klein

$= 146400$
$x = 7320$
$(x_1 - x)^2 = 510 \cdot 10^4$
$s^2 = 26,9 \cdot 10^4$
$s = 520$

Versuchsreihe III
Profil gezackt

$= 167250$
$x = 8363$
$(x_1 - x)^2 = 1590 \cdot 10^4$
$s^2 = 83,7 \cdot 10^4$
$s = 915$

Versuchsreihe IV
Profil klein

$= 165700$
$x = 8285$
$(x_1 - x)^2 = 1617 \cdot 10^4$
$s^2 = 85 \cdot 10^4$
$s = 920$

Versuchsreihe IV
Prozil gezackt

$= 177700$
$x = 8880$
$(x_1 - x)^2 = 991 \cdot 10^4$
$s^2 = 52,2 \cdot 10^4$
$s = 720$

Versuchsreihe I
Profil glatt gegen Profil gross

$$s_d^2 = \frac{5,2 \cdot 10^4 \cdot 19 + 25,7 \cdot 10^4 \cdot 19}{38}$$

$$= 15,5 \cdot 10^4$$

$$s_d = 3,94 \cdot 10^2$$

$$t = \frac{32,14}{3,94} \sqrt{10}$$

$$t = 26,0$$

$$n = 18$$

$s > 99,9\%$ = wahrscheinlich

Versuchsreihe I
Profil gross gegen Profil klein

$$s_d^2 = \frac{(25,7 + 112) \cdot 10^4 \cdot 19}{38}$$

$$= 69 \cdot 10^4$$

$$s_d = 830$$

$$t = \frac{(5790 - 4245)}{830} \sqrt{10}$$

$$t = 5,9$$

$$n = 18$$

$s > 99,9\%$ = wahrscheinlich

Versuchsreihe I

Profil klein gegen Profil gezackt

$$s_d^2 = \frac{(112 + 219) \cdot 19 \cdot 10^4}{38}$$

$$= 165,5 \cdot 10^4$$

$$s_d = 1284$$

$$t = \frac{(5790 - 5940)}{1284} \sqrt{10}$$

$$t = 0,370$$

$$n = 18$$

$s < 95\%$ = unwahrscheinlich

Jedoch Versuchsreihe I Profil gezackt gegen Profil gross wahrscheinlich.

Versuchsreihe I Profil gezackt gegen Versuchsreihe II Profil klein

$$s_d^2 = \frac{219 \cdot 10^4 \cdot 19 + 52,7 \cdot 10^4 \cdot 9}{28}$$

$$= 1,71 \cdot 10^6$$

$$s_d = 1308$$

$$t = \frac{(5940 - 6540)}{1308} \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{30}}$$

$$t = 1,20$$

$$n = 28$$

$s < 95\%$ = unwahrscheinlich

Versuchsreihe I Profil klein gegen Versuchsreihe II Profil klein

$$s_d^2 = \frac{(474 \cdot 10^4 + 112 \cdot 19 \cdot 10^4)}{28}$$

$$= 0,932 \cdot 10^6$$

$$s_d = 965$$

$$t = \frac{6540 - 5790}{965} \sqrt{\frac{20}{3}}$$

$$t = 2,06$$

$$n = 28$$

95 % < s < 99 % = eventuell wahrscheinlich

Versuchsreihe I Profil gross gegen Versuchsreihe II Profil klein

$$s_d^2 = \frac{522 \cdot 10^4 + 25,7 \cdot 19 \cdot 10^4}{28}$$

$$s_d = 601$$

$$t = \frac{4245 - 6540}{601} \sqrt{\frac{20}{3}}$$

$$t = 9,87$$

$$n = 28$$

s > 99,9 % = wahrscheinlich

Versuchsreihe II Profil klein gegen Profil gezackt

$$s_d^2 = \frac{(58,2 + 52,7) \cdot 10^4 \cdot 9}{18}$$

$$= 55,5 \cdot 10^4$$

$$s_d = 745$$

$$t = \frac{6665 - 6540}{745} \sqrt{\frac{100}{20}}$$

$t = 0,375$

$n = 18$

$s < 95\ \%$ = unwahrscheinlich

Versuchsreihe II Profil gezackt gegen Versuchsreihe I Profil klein

$$s_d^2 = \frac{(58,2 \cdot 10^4 \cdot 9 + 112 \cdot 10^4 \cdot 19)}{28}$$

$s_d = 974$

$$t = \frac{6665 - 5790}{974} \sqrt{\frac{20}{3}}$$

$t = 2,055$

$n = 28$

$95\ \% < s \leq 99\ \%$ = eventuell wahrscheinlich

Versuchsreihe II Profil gezackt gegen Versuchsreihe I Profil gross

$s > 99\ \%$ = wahrscheinlich

Versuchsreihe II Profil gezackt gegen Versuchsreihe III Profil klein

$$s_d^2 = \frac{58,2 \cdot 9 \cdot 10^4 + 26,9 \cdot 10^4 \cdot 19}{28}$$

$s_d = 605$

$$t = \frac{7320 - 6665}{605} \sqrt{\frac{20}{3}}$$

$t = 2,80$

$n = 28$

$99\ \% < s < 99,9\ \%$ = wahrscheinlich

Versuchsreihe IV Profil gezackt gegen Versuchsreihe III Profil gezackt

$$s_d^2 = \frac{(83,7 + 52,2) \cdot 10^4}{2}$$

$$s_d = 824$$

$$t = \frac{8880 - 8363}{824} \cdot \sqrt{10}$$

$$t = 1,076$$

$$n = 38$$

$s < 95\ \%$ = unwahrscheinlich

Versuchsreihe III Profil klein gegen Profil gezackt

$$s_d^2 = \frac{(26,9 \cdot 10^4 + 83,7 \cdot 10^4)}{2}$$

$$s_d = 745$$

$$t = \frac{7320 - 8363}{745} \sqrt{10}$$

$$t = 4,43$$

$$n = 38$$

$s > 99,9\ \%$ = wahrscheinlich

Versuchsreihe IV Profil klein gegen Versuchsreihe III Profil klein

$$s_d^2 = \frac{(26,9 + 85) \cdot 10^4}{2}$$

$$s_d = 749$$

$$t = \frac{8285 - 7320}{749} \sqrt{10}$$

$$t = 4,07$$

$n = 38$

$s > 99,9\ \%$ = wahrscheinlich

Versuchsreihe IV Profil klein gegen Profil gezackt

$$s_d^2 = \frac{(85 + 52) \cdot 10^4}{2}$$

$s_d = 838$

$$t = \frac{8285 - 8880}{838} \sqrt{10}$$

$t = 2,245$

$n = 38$

$95\ \% < s < 99\ \%$ = eventuell wahrscheinlich

Versuchsreihe IV Profil gezackt gegen Versuchsreihe III Profil klein

$$s_d^2 = \frac{(52,2 + 26,9) \cdot 10^4}{2}$$

$s_d = 630$

$$t = \frac{8880 - 7320}{630} \sqrt{10}$$

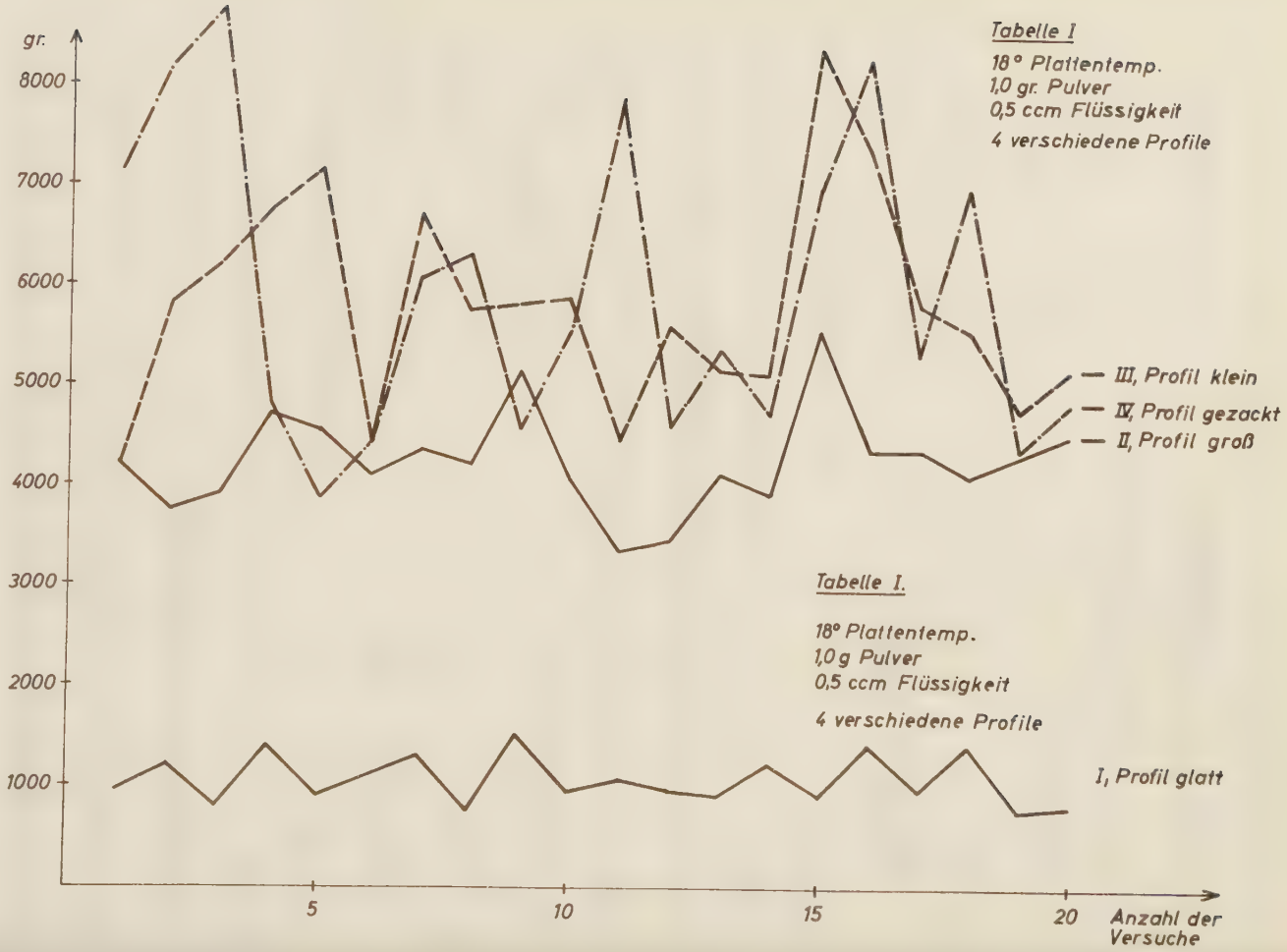
$t = 7,68$

$n = 38$

$s > 99,9\ \%$ = wahrscheinlich

Somit ergaben sich beim "Unterschied der Mittelwerte" vier unwahrscheinliche Werte.

Diesen vier unwahrscheinlichen Werten stehen zwölf wahrscheinliche Werte gegenüber.


gr.
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
5
10
15
20
Anzahl der Versuche
Tabelle I
18° Plattentemp.
1,0 gr. Pulver
0,5 ccm Flüssigkeit
4 verschiedene Profile
III, Profil klein
IV, Profil gezackt
II, Profil groß
Tabelle I.
18° Plattentemp.
1,0 g Pulver
0,5 ccm Flüssigkeit
4 verschiedene Profile
I, Profil glatt

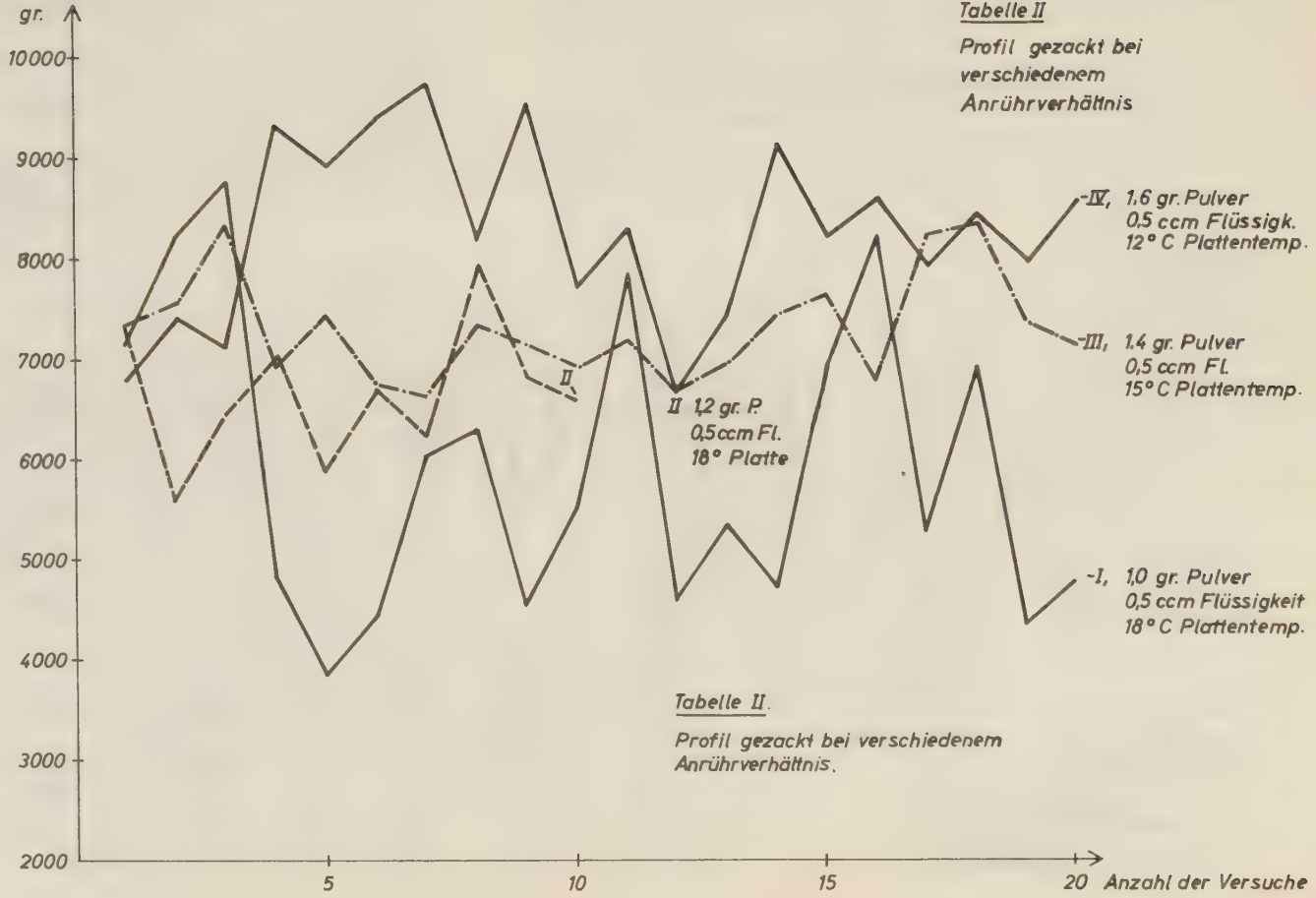


Tabelle II.

Profil gezackt bei verschiedenem Anrührverhältnis.

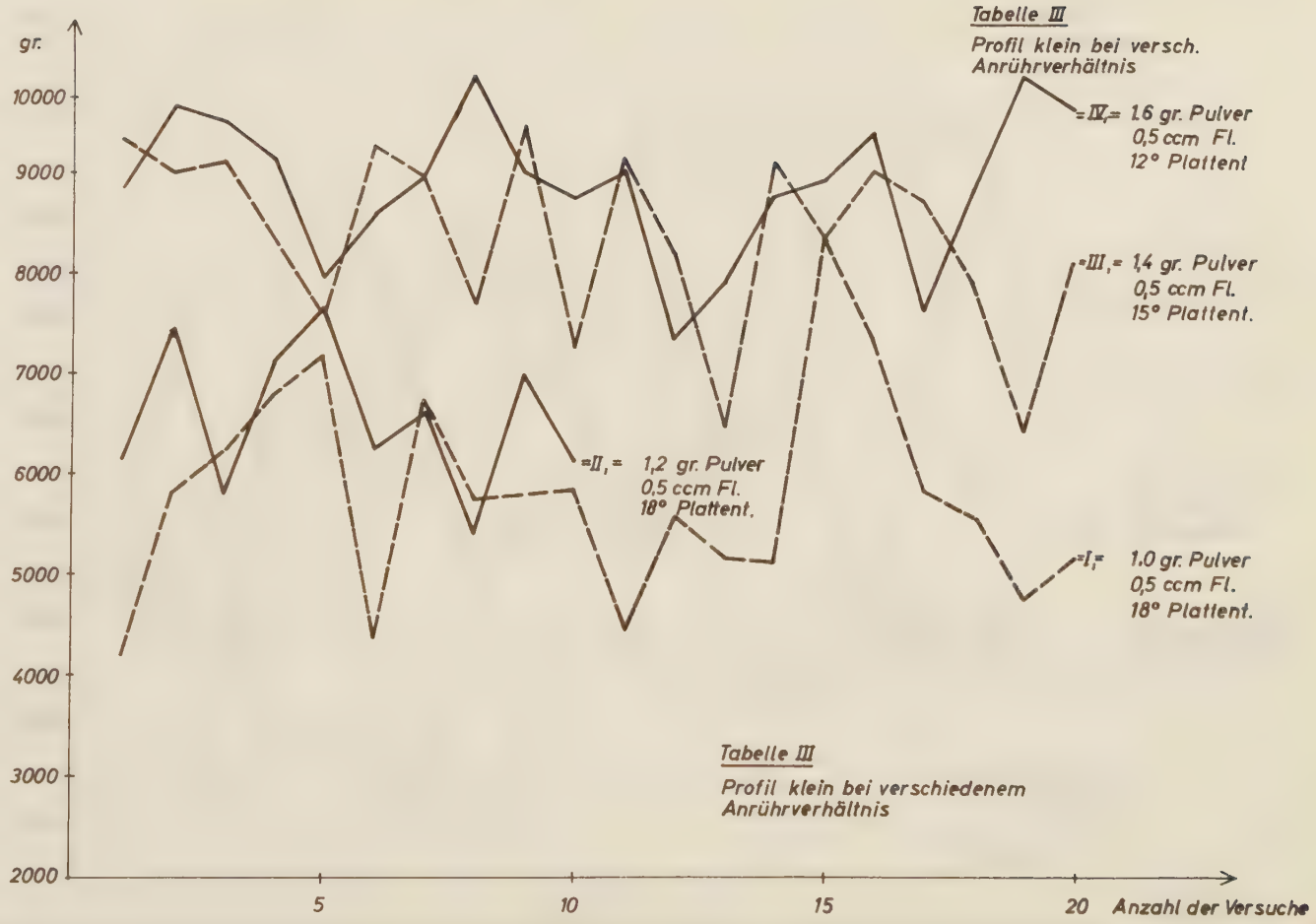


Tabelle III

Profil klein bei verschiedenem Anrührverhältnis

VIII. DISKUSSION

Bereits bei meiner ersten Versuchsreihe bestätigte sich wiederum die Anschauung von zahlreichen Autoren, wie Beodecker, Spanner, Volkmann, Stüben, Lockowandt, Boisson, Tallmann u.a., dass die Haftintensität an rauen Goldoberflächen wesentlicher höher liegt, als an glatten Goldoberflächen. Die Art der Oberfläche des Goldes spielt also eine wesentliche Rolle. Nur durch eine rauhe oder mit einem Profil versehene Goldoberfläche können brauchbare Haftintensitätswerte erzielt werden.

Bereits SPANNER (44) stellte in seinen Versuchsreihen fest, dass die Haftintensität zwischen Zement und Goldoberfläche bei einer glatten Goldoberfläche wesentlich geringer sei, als bei einer angeätzten oder angerauhten Goldoberfläche. Er unternahm seine Versuche mit verschiedenen Drähten.

Spanners Ergebnisse waren:

Glatter Draht	0,369 kg/mm^2
Geätzter Draht	0,409 kg/mm^2
Gerauhter Draht	0,435 kg/mm^2

Auch HOPPE (20) machte Haftintensitätsversuche an glatten, an mit Königswasser angeätzten und an mit Softsteinchen angerauhten Goldoberflächen. Dabei erreichte er bei den angeätzten und angerauhten Oberflächen dreifach bessere Werte als bei der glatten Oberfläche.

Hoppes Ergebnisse waren:

Hochglanzpolierte Oberfläche	0,730 kg/23 mm^2
mit Königswasser angeätzte Oberfläche	2,040 kg/23 mm^2
mit Softstein angerauhte Oberfläche	2,400 kg/23 mm^2

Aus den Versuchsreihen von Hoppe und Spanner ging also deutlich hervor, dass die veränderte Goldoberfläche wesentlich bessere Werte erzielte als die glatte oder hochglanzpolierte Oberfläche.

Auch in meinen Versuchsreihen bestätigten sich die Versuchsergebnisse von Spanner und Hoppe, indem die glatte Oberfläche Werte erzielte, die bei 1,055 kg/16,6 mm^2 lagen und damit für die Praxis nicht verwendbar sind.

In meinen Versuchsreihen habe ich versucht, die von Hoppe und Spanner erzielten Haftintensitätswerte noch weiter zu steigern. Dazu setzte ich auf die Goldoberflächen Profile, die grössere Verankerungsmöglichkeiten zwischen Zement und Metall hatten und somit bessere Haftintensitätswerte ergaben.

Meine Ergebnisse weisen folgende Durchschnittswerte auf: (bei 1,0 gr. Pulver u. 0,5 ccm Fl.)

Profil glatt	1,055 kg/16,6 mm^2
Profil gross	4,245 kg/16,6 mm^2
Profil klein	5,787 kg/16,6 mm^2
Profil gezackt	5,940 kg/16,6 mm^2

Die Anschauung von zahlreichen Autoren, dass die Haftintensität von mechanischen Kräften abhängig sei, bestätigt sich somit, da vor allem die beiden Profile, nämlich Profil klein und Profil gezackt, deutliche untersichgehende und angerauhte Stellen aufweisen.

Meine in der ersten Versuchsreihe erzielten Werte genügten mir jedoch noch nicht und ich ging den Anschauungen der Autoren Smreker (42), Lignitz (32a) und Handlos (16) nach. Diese Autoren schrieben, dass man soviel Pulver, wie nur möglich zur Flüssigkeit geben soll.

Somit vergrösserte ich also die Pulvermenge bei gleicher Flüssigkeit und es ergaben sich wesentlich höhere Werte.

Meine Ergebnisse weisen folgende Durchschnittswerte auf: (bei 1,20 gr. Pulver u. 0,5 ccm Fl.)

Profil klein	6,540 gr/16,6 mm^2
Profil gezackt	6,650 gr/16,6 mm^2

Damit konnte auch ich feststellen, dass die frühere Anschauung von MORGENSTERN (34), "Bei Erhöhung der Flüssigkeitsmenge werde die Haftintensität grösser", falsch war und gerade das Gegenteil der Fall ist.

Eine weitere Steigerung der Haftintensitätswerte bei der Plattentemperatur von 18° konnte ich nicht erzielen, da das angerührte Zement nicht mehr verarbeitbar war.

Durch die neue Thermoanrührplatte konnte ich die Anrührplattentemperatur bis auf 12° herabsetzen und die Pulvermenge auf 1,60 gr erhöhen.

Meine Ergebnisse weisen folgende Durchschnittswerte auf: (bei 1,60 gr. Pulver und 0,500 ccm Flüssigkeit)

Profil klein	8,885 kg/16,6 mm^2
Profil gezackt	8,285 kg/16,6 mm^2

Sollte in der Praxis eine Anrührplattentemperatur von 12° nicht erreichbar sein, so kann die Plattentemperatur von 15° bei 1,4 gr. Pulver zu 0,5 ccm Flüssigkeit angewandt werden, da die dabei erzielten Ergebnisse noch sehr gut waren.

Meine Ergebnisse weisen folgende Durchschnittswerte auf: (bei 1,40 gr. Pulver und 0,500 ccm Flüssigkeit)

Profil klein	8,430 kg/16,6 mm^2
Profil gezackt	7,320 kg/16,6 mm^2

Zieht man weiterhin die Ergebnisse von HARTUNG (17) und WIECHMANN (57) in Betracht, die kurze Zeit vor mir am selben Institut die Schlagpendel-, Druck- und Zugfestigkeit der Phosphatzemente prüften und die bei einer Konsistenz von 1,4 gr. Pulver zu 0,5 ccm Flüssigkeit noch sehr gute Ergebnisse erzielten, so darf man sagen, dass in der Praxis, wo eventeuell 12° nicht leicht erzielt werden können, auch eine Plattentemperatur von 15° bei 1,4 gr. Pulver und 0,5 ccm Flüssigkeit genügt.

Will man nun meine Ergebnisse auf die Praxis und die praktische Tätigkeit übertragen, so muss man fordern, dass diejenige Goldfläche, welche mit dem Zement in Berührung kommt, unter keinen Umständen glatt sein darf. Man muss sogar bereits durch ein bei der Modellation in das Wachs eingelegtes Profil für bessere Haftintensität sorgen.

Weiterhin reichen die von den Firmen angegebenen Standardkonsistenzen nicht aus, um eine hinreichende Haftintensität zu erhalten.

Man muss durch eine Thermoanrührplatte die Anrührtemperatur wesentlich unter die normale Zimmertemperatur bringen, um durch erhöhte Pulverzufuhr die Haftintensitätswerte in ausreichende Werte steigern zu können.

Legt man die Versuchsergebnisse unter die "mathematische Lupe" und stellt sie nach der mathematischen Berechnung, wie Mittelwert, mittlere quadratische Abweichung, Streuung, Prüfgrösse, Freiheitsgrad und Unterschied der Mittelwerte zur Diskussion, so können sie ebenfalls als gut bezeichnet werden, da von den sechzehn Berechnungen der "Unterschiede der Mittelwerte" zwischen den einzelnen verschiedenen Profilen und Versuchsreihen nur 25 Prozent, also 4 Berechnungen, "unwahrscheinliche Werte" ergaben. Diese 25 Prozent "unwahrscheinliche Werte" sind auf die Apparatur und Versuchsanordnung zurückzuführen. Berücksichtigt man dabei, dass es sich bei der Apparatur nicht um eine Präzisionsmaschine, sondern um eine selbstgebaute Anlage handelte, so darf man die guten praktischen Ergebnisse auch mathematisch als zufriedenstellend bezeichnen.

IX. ZUSAMMENFASSUNG

Um die Haftintensität des Phosphatzementes in Abhängigkeit einerseits von der Goldoberfläche und andrerseits von dem Verhältnis Zementpulver zu Flüssigkeit zu prüfen, wurden 180 Versuche in vier Versuchsreihen unternommen.

In der ersten Versuchsreihe wurde bei einer Plattentemperatur von 18° Celsius, bei einem Verhältnis von 1,00 gr. Pulver zu 0,500 ccm Flüssigkeit Abreissversuche bei vier verschiedenen Profilen durchgeführt. Dabei ergab sich beim glatten Profil ein Durchschnittswert von 1055 gr., beim grossen Profil von 4245 gr., beim kleinen Profil von 5787 gr. und beim gezackten Profil von 5940 gr. Als eindeutig bestes Profil ergaben sich also das kleine und das gezackte Profil. In den weiteren Versuchsreihen wurden deshalb nur noch mit diesen Profilen Versuche unternommen.

Dabei ergaben sich bei der zweiten Versuchsreihe, in der die Plattentemperatur ebenfalls 18° Celsius betrug und das Pulver auf 1,200 gr. bei gleicher Flüssigkeit erhöht wurde, bereits bessere Werte. Das kleine Profil konnte im Durchschnitt mit 6540 gr. und das gezackte Profil mit 6650 gr. im Durchschnitt belastet werden.

In der dritten Versuchsreihe wurde die Plattentemperatur auf 15° Celsius gesenkt, um die Pulvermenge auf 1,400 gr. erhöhen zu können. Es war weiterhin eine Belastungssteigerung zu verzeichnen und zwar beim kleinen Profil mit 7320 gr. und beim gezackten Profil mit 8430 gr. In der vierten Versuchsreihe wurde die Plattentemperatur auf weitere 3° Celsius, auf 12° Celsius gesenkt. Das Zement war in der gleichen Weise noch verarbeitbar und es ergab sich für das kleine Profil eine weitere Steigerung auf 8885 gr. Das gezackte Profil konnte sich ebenfalls noch auf einen Wert von 8285 gr. verbessern.

Eine weitere Steigerung der Abreisswerte durch erhöhte Pulverzufuhr konnte nicht mehr erreicht werden, da sowohl eine Plattentemperatur von 9° Celsius sich über die ganze Anrührzeit nicht erreichen lässt, als auch die Konsistenz des Zementes in eine nicht mehr zu verarbeitende kommt.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

18° Celsius Plattentemp.		18°	15°	12°
Pulver 1,00 gr.		1,20 gr.	1,40 gr.	1,60 gr.
Flüssigkeit 0,500 ccm		0,50 ccm	0,50 ccm	0,50 ccm
Profil glatt	1,055 kg/16,6 mm^2	----	----	----
Profil gross	4,245 kg/16,6 mm^2	----	----	----
Profil klein	5,787 kg/16,6 mm^2	6,540/ 16,6 mm^2	8,430/ 16,6 mm^2	8,885/ 16,6 mm^2
Profil gezackt	5,940 kg/16,6 mm^2	6,650/ 16,6 mm^2	7,320/ 16,6 mm^2	8,285/ 16,6 mm^2

Somit zeigten die Versuche, dass

1. die Werte des glatten und des grossen Profils gegenüber dem kleinen und gezackten Profil bereits bei der ersten Versuchsreihe eindeutig zurückfielen;
2. die besten Werte bei der Versuchsreihe mit niedrigster Plattentemperatur (12°) und grösster Pulvermenge (1,6 gr. zu 0,5 ccm Flüssigkeit) erzielt wurden;
3. das kleine Profil die besten Werte erzielt hat, die bei einer zweistündigen Erhärtungszeit bereits bei 8,885 kg/16,6 mm^2 lagen;
4. bei der rechnerischen Auswertung der Ergebnisse im "Unterschied der Mittelwerte" nur vier Vergleiche "unwahrscheinliche Werte" ergaben, während alle anderen zwölf Vergleiche "wahrscheinliche Werte" ergaben.

An dieser Stelle möchte ich meinen innigsten Dank Frau Prof. Dr. Dr. M. Schug-Kösters für die Überlassung des Themas und für die grosszügige Bereitstellung der Apparaturen und Materialien aussprechen.

Mein Dank gilt auch Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. W. Ketterl für die liebenswürdige Beratung beim Entstehen dieser Arbeit.

X. LITERATURVERZEICHNIS

1. Adolph, Wolfgang — "Die Lösungageschwindigkeit von Phosphatzementen bei verschiedenen Anrührverhältnissen. Med.Diss. Tübingen 1954

2. Blackk, G.V. — Konservierende Zahnheilkunde Band II, Verlag Herrmann Meusser Berlin 1914

3. Böckmann u. Rottke — Über die Haftfähigkeit von erhärtetem Wurzelfüllmaterial DDZ 1957, Heft 23

4. Bödecker, H.W.C. — Das Metalleinlageverfahren Berlin 1911 Herrmann Meusser Verlag

5. Boisson, Rene — "Inlays a arcons et crampons" übersetzt von H. van der Osten Sacken Lehman Verlag München 1935

6. Burkhardt, Horst — Vergleichende Untersuchungen über die Haftintensität von normalen und hydrophobierten Zahnzementen und deren Gewebeverträglichkeit. Med.Diss. Mainz 1955

7. Din Normblatt für zahnärztliche Werkstoffe DZZ 1949, Seite 1552

8. Drum, W. — Prüfungsvorschriften für Phosphatzement. DZZ 1950, Heft 24

9. Falck, Karl — Einführung in die Werkstoffkunde Karl Hanser Verlag München 1948

10. Fischer, Ch. u. Bartram, E. — Untersuchungen über das Haftvermögen der schnellhärtenden Kunststoffe auf Dentin und Phosphatzement. DZMK, Band 17, Heft 5 und 6.

11. Flaschentreher — Die Indikation der verschiedenen Füllungsmaterialien und ihre Verarbeitung. Zahnärztliche Welt und Reform 1957, Seite 579

12. Greth — Füllmaterialien und Methoden im Lichte neuerer Forschung. Zentralblatt für die gesamte Zahnheilkunde, 1937, Seite 129

13. Grieser, Egon — Grundlagen und Ergebnisse bei der experimentellen Untersuchung einiger jetzt im Handel befindlichen Phosphatzemente.
Med.Diss. Berlin 1953

14. Grimsehl, E. — Lehrbuch der Physik Band 1
B.G.Teubner Verlag Leipzig-Berlin 1939

15. Hahn, Franz — Beitrag zur Bestimmung der Haftintensität von Zinkoxyphosphatzementen
Med.Diss. Köln 1955

16. Handlos, Karl Jakob — Untersuchungen über den Einfluss der Konsistenz auf die Eigenschaften verschiedener Zinkoxyphosphatzemente.
Med.Diss. Frankfurt/Main 1951

17. Hartung — Druck- und Zugfestigkeit bei Phosphatzementen (genauer Titel noch nicht bekannt) Arbeit noch nicht veröffentlicht.

18. Hattemer, A. — Ist auf dem Gebiet der in der Zahnheilkunde verwendeten plastischen, nicht metallischen Füllmaterialien in den letzten Jahren ein Fortschritt erzielt worden?
Med.Diss. Mainz 1956/6oll

19. Hattemer A. und Kübel, K.
DZZ 1950, Heft 18

20. Hoppe — Die Haftintensität des Phosphatzementes an der Goldoberfläche in Beziehung zu deren Bearbeitung.
(Arbeit noch nicht veröffentlicht)

21. Hosemann — Die Grundlagen der statistischen Methoden für Mediziner und Biologen.
Georg Theine Verlag, Stuttgart 1949

22. Idolski, Maria — Ist die Haftintensität des Zinkoxyphosphatzementes auf die Bildung eines chemischen Zwischenkörpers zurückzuführen?
Med.Diss. Greifswald 1921/3703

23. Jänicke, Karlheinz — Die Bedeutung der Verarbeitungsweise für die Haftintensität des Phosphatzementes.
Med.Diss. München 1955

24. Ketterl-Kierse — Medizinische Untersuchungen über Palavit.
DZZ 1952, Heft 13

25. Klei, van der — Über Zinkphosphatzement
Zahnärztliche Rundschau 1935, Nr.47, Seite 2063

26. Knischewski, Franz — Materialienkunde der Zahntechnik
Richard Pflaum Verlag München 1951

27. Kohlrausch — Praktische Phxsik, Band 1,
Teuber Verlag 1950

28. Krieger, Maria — Mikroskopischer Beitrag zur Kenntnis des Abbindevorganges der Zinkphosphatzemente.
Med.Diss. Berlin 1937

29. Kuhn, Herbert — Kritik der amerikanischen Prüfmethoden für Phosphatzemente an Hand vergleichender Untersuchungen von Zementen amerikanischer und deutscher Herkunft.
Med.Diss. Köln 1937

30. Kulka — Über die wichtigsten mechanischen und chemischen Eigenschaften der Silikat- und Phosphatzemente.
Österreichisch-ungarische Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde 1907.

31. Kunert, Walter — Neuere Untersuchungen über Phosphatzemente unter besonderer Berücksichtigung der Volumbeständigkeit und Klebekraft
Med.Diss. Köln 1939

32a. Lignitz, Hans — Eine exacte Methode zur Prüfung der Härte zahnärztlicher Materialien.
Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1922, Heft 1

32b. Lechner — Physik für Biologen und Mediziner

33. Misch, Julius (Wannemacher)
Die Fortschritte der Zahnheilkunde von Wannemacher: Über Phosphatzemente 7.Band, 1.Teil, Seite 897
Georg Thieme Verlag Leipzig 1931

34. Morgenstern — Untersuchung der Phosphat- und Silikatzemente unter besonderer Berücksichtigung ihrer physikalischen Eigenschaften.
Österreichisch ungarische Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde 1905.

35. National Bureau of Standard der American Dental Association
Prüfmethoden von Phosphatzement Spezifikation, Nr.8

36. Pröll — Experimentelle Untersuchungen über die Ursache des Zahnpulpatodes unter Silikatzementen, nebst theoretisch praktischen Studien über Zemente und andere Füllmaterialien.
Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1913.

37. Rawitzer — Allgemeine Methode zur Materialprüfung bei der Untersuchung von Zahnzementen.
DZW 1930, Heft 21, DZW 1932, Heft 23

38. Rebel, Hans — Konservierende Zahnheilkunde
Carl Hanser Verlag München 1950
Untersuchungen über die Einwirkung der Zink- und Aluminiumphosphatzemente auf Zahnbein und Pulpa
DMfZ 1923, Heft 10

39. Romwalter-Sopron, Alfred — A fogaszati cementek (Über Zahnzemente)
Gogonosi Szerule XVIII, Nr. 12 S. 742 (1925)

40. Ruff, Herta — Beitrag zur Experimentellen Bestimmung der Haftintensität der Zinkoxyphosphatzemente.
Med. Diss. Berlin 1937/550

41. Skinner — The Science of Dental Materials: The Phosphatcement.

42. Smerker — Über Zinkphosphatzemente.
Handbuch der konservierenden Zahnheilkunde herausgegeben von Kantorowicz im Bergmann Verlag München 1925.

43. Spang, Hermann — Überprüfung der Vor- und Nachteile der Tiefenverankerung nach Boisson
Med. Diss. München 1949

44. Spanner — Klebrigkeit und Haftfestigkeit von Zinkoxyphosphatzement.
DZW 1930, Heft 23

45. Swartz Marjorie L. und R. W. Phillips — A Method of measuring the adhesive charakteristics of dental cement
Journal of the American Dental Association 1955, Heft 2

46. Schedl, Richard — Vergleichende klinische und experimentelle Untersuchungen an provisorischen Verschlussmaterialien.
Med. Diss. 1952 München 7330

47. Schmalz Ernst — Beitrag zur Klärung der Frage der Zwischenkörperbildung bei Verwendung von Zinkphosphatzement. Med. Diss. Köln 1956/5298

48. Schoenbeck, Friedrich — Zahnärztliche Werkstoffe. Ambrosius Barth Verlag Leipzig 1942

49. Schonloe, PJ., George Pfaffenberger, W.T. Sweeny — The Zinkphosphatzement. Aus Year Book of Dentistry 1956/57.

50. Schug-Kösters — Konservierende Zahnheilkunde. Verlag Wilhelm Maudrich Wien 1951

51. Stüben und Lockowandt — Experimentelle Untersuchungen über die Haftintensität des schnellhärtenden Kunststoffes. ZW 1952, Heft 14

52. Tallmann, Gerhard — Die innere Verankerung von Gussfüllungen durch Bügel und Krampon. Med. Diss. München 1953

53. Thompson — American Dental Journal 7. 1905 II S. 1389

54. Volkmann, Karlheinz — Vergleichende Untersuchungen an Phosphatzementen. Med. Diss. Frankfurt/Main 1954

55. Weikart, Paul — Der Leitfaden der zahnärztlichen Werkstoffe. Karl Hanser Verlag München 1950

Zur Prüfung von Zahnzementen auf ihre Festigkeit. DZZ 1951, Heft 1

Zur Frage der Prüfungsvorschriften für zahnärztliche Werkstoffe. DZZ 1949, Heft 24

Zur Frage: Adhäsion oder Haftintensität von Zahnzementen. DZZ 1950, Heft 18

56. Westphal — Physikalisches Wörterbuch im Springer Verlag 1952

57. Wiechmann — Prüfung der Schlagpendelfestigkeit beim Phosphatzement (genauer Titel noch nicht bekannt) Arbeit noch nicht veröffentlicht.

58. Wiedinger — Meine Erfahrungen mit Bayer. Phosphatzementen. BZW 1935/18

XI. LEBENSLAUF

Als Sohn des Zahnarztes Curt Schmöger und seiner Ehefrau Emma, geb. Opel wurde ich am 23. März 1936 in München geboren. Nach Besuch von fünf Klassen Volksschule in München wechselte ich im Jahre 1947 in die Oberrealschule an der Frühlingstrasse zu München über und absolvierte dort nach neun Klassen im Jahre 1956. Im Wintersemester 1956/57 trat ich an der Universität München das Studium der Zahnmedizin an und legte dort nach dem Sommersemester 1959 die Physikumsprüfung ab.

Die restlichen fünf klinischen Semester studierte ich ebenfalls in München und bestand dort am 29. August 1962 die Staatsprüfung.